



Pérdidas de nitrato en el drenaje de zonas regables y su impacto ambiental

1. Introducción

La expansión de la agricultura de regadío y el uso de fertilizantes agroquímicos durante la segunda mitad del siglo XX ha contribuido en buena parte a satisfacer las necesidades alimenticias de la creciente población mundial. Mientras en el tercer mundo sigue siendo prioritario satisfacer las necesidades más básicas, a la agricultura de los países más desarrollados se le exige ir más lejos, ya que además de asegurar la adecuada satisfacción de la producción demandada, debe preservar el buen estado ecológico de los ecosistemas acuáticos y proteger la calidad de los recursos hídricos.

Durante los últimos años, diversas directivas abogan por la consecución y mantenimiento del buen estado ecológico de las masas de agua en países, que como España, pertenecen a la Unión Europea (EU, 2000, EU, 2006). En particular, se han redactado directivas europeas que pretenden proteger directamente a las aguas de la contaminación por nitratos de origen agrario (EU, 1991), lo que a nivel nacional y regional se ha traducido en la declaración de zonas vulnerables, establecimiento de códigos de buenas prácticas agrarias y medidas de obligado cumplimiento (BOA, 1997; BOA, 2001).

No obstante, existe un vacío legal que impide gestionar correctamente el agua en los regadíos y minimizar el impacto ambiental sobre los ecosistemas acuáticos receptores de sus flujos de retorno. Así pues, la legislación europea actual tan solo hace referencia a niveles de contaminación basados en la concentración de contaminantes en las aguas (EU, 1998) y no en la masa exportada a través del drenaje en función de la sensibilidad del sistema hídrico receptor, que es verdaderamente el parámetro que se debe controlar para minimizar las afecciones medioambientales negativas hacia los ecosistemas acuáticos que se desee proteger.

Este vacío legal esta justificado, en parte, por la particularidad que entraña el carácter difuso de la contaminación inducida por el regadío y por tanto, por su dificultad para cuantificarla y atribuirla a un determinado territorio. Igualmente el desconocimiento del funcionamiento hidrogeológico de los ecosistemas acuáticos y de su vulnerabilidad asociada a la recepción de retornos de riego imposibilita la correcta protección de los mismos.

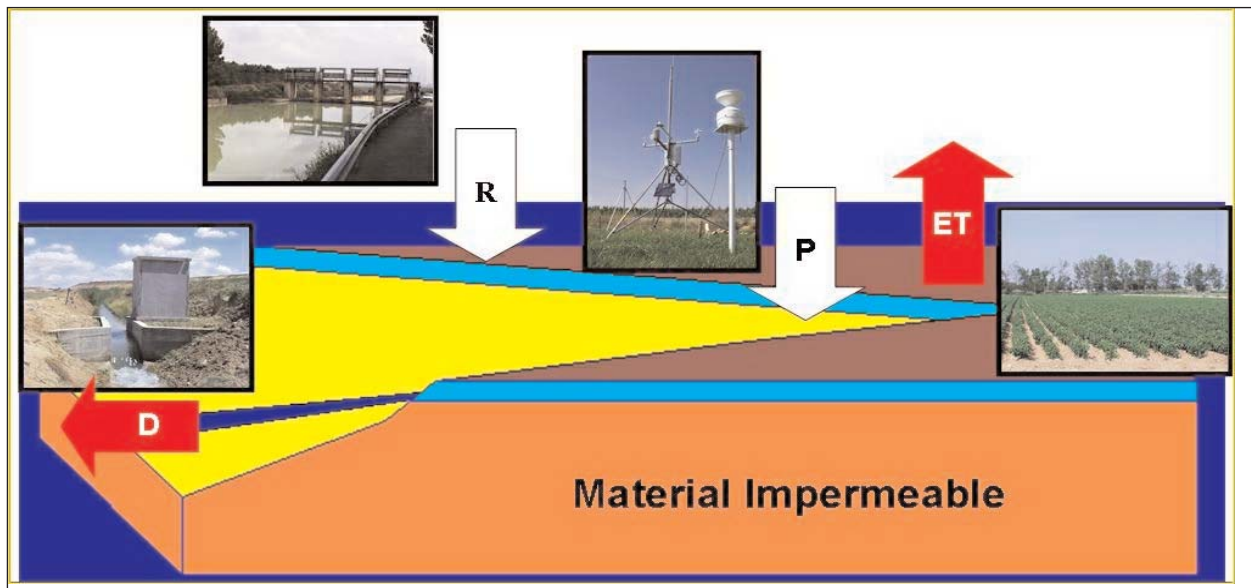
Es evidente que la sociedad está ejerciendo cada vez una mayor presión hacia el regadío para que minimice la problemática medioambiental que en relación al uso del agua y fertilizantes nitrogenados pueda generar. Pero sin duda, el interés que el sector agrario muestre hacia dicha problemática no debe estar condicionado únicamente por la presión social sino principalmente por los beneficios que supondría para su explotación el manejo adecuado de la fertilización nitrogenada en combinación con el uso apropiado del riego.

2. Cuantificación de las pérdidas de nitrato en el drenaje

Es evidente que el carácter difuso de la contaminación agraria dificulta su cuantificación y asignación a un determinado territorio. No obstante, la pérdida de agua y nitrato en desagües agrícolas puede ser asignada a la cuenca hidrológica del desagüe correspondiente. Para asegurarse de que el drenaje medido corresponde a la superficie agraria asignada es necesario efectuar balances hídricos en los cuales las entradas de agua (principalmente por el riego y la precipitación) deben ser iguales a las salidas (principalmente evapotranspiración de los cultivos y drenaje).

La ejecución de este tipo de balances requiere la monitorización de las cuencas hidrológicas mediante la instalación de estaciones agroclimáticas, aforadores en desagües y acequias, cartografía de suelos y cultivos... Bajo una metodología común (*Fig. 1*) surgen versiones individualizadas para cada caso de estudio concreto dependiendo de la escala de la cuenca, presencia significativa de flujos subterráneos, sistemas de riego implantados, etc...

Figura 1. Componentes generales del balance de agua en cuencas hidrológicas de regadío. (R: riego, P: precipitación, ET: evapotranspiración y D: drenaje)



3. Diagnóstico agroambiental

Mediante el seguimiento de cuencas hidrológicas se obtienen datos de la cantidad de agua y nitrato exportados a través del drenaje que son asignados a un territorio concreto. Estos datos pueden ser analizados en función de las características climáticas, geológicas y agronómicas de la cuenca estudiada estableciéndose diagnósticos que cuantifican y explican la problemática agro-ambiental. Igualmente se puede conocer los niveles de aprovechamiento del agua de riego y fertilizantes nitrogenados que están relacionados directamente con las pérdidas de nitrato a través del drenaje.

Como ejemplo, podemos comentar el estudio que se hizo en la Comunidad de Regantes nº V de Bardenas (Causapé, 2003) en el que se seleccionaron tres cuencas (de entre 95 y 217 ha) representativas de la variabilidad de suelos, sistemas de riego y cultivos existente en la Comunidad. Tras la monitorización de estas cuencas y su seguimiento durante el año hidrológico 2001 los resultados detectaron que el nivel de aprovechamiento del agua (entre 44 y 62% según cuencas) y las dosis (entre 203 y 357 kg N/ha) y fraccionamiento del nitrógeno aplicado determinaron los volúmenes de drenaje (entre 495 y 1.113 mm), las concentraciones de nitrato (entre 21 y 77 mg/l) y las masas de nitrógeno exportadas en el drenaje (entre 23 y 195 kg N/ha).

Así, hasta un 56% del nitrógeno aplicado se perdió en el drenaje de la cuenca con suelos de saso poco profundos y muy permeables, cultivo predominante de maíz y mayores dosis de riego y fertilizantes aplicados, mientras que las pérdidas disminuyeron hasta el 16% del nitrógeno aplicado en la cuenca con suelos profundos, cultivos forrajeros predominantes, menores dosis de riego y fertilizantes nitrogenados, y mayor fraccionamiento del nitrógeno aplicado mediante fertirriego por aspersión.

4. Estrategias a seguir y evaluación de su eficacia

El seguimiento de cuencas hidrológicas no solo permite diagnosticar la problemática agro-ambiental si no que también permite establecer recomendaciones o estrategias a seguir para minimizar las pérdidas de nitrato a través del drenaje.

Continuado con el ejemplo anterior, en la Comunidad de Regantes nº V de Bardenas se detectó como principal problema agro-ambiental la ineficiencia en el uso del agua y el inadecuado manejo de la fertilización nitrogenada, condicionados por la excesiva permeabilidad de los suelos para ser regados por inundación. Ello generó elevados flujos de drenaje con alto contenido en nitrato y por tanto la consiguiente pérdida económica para los agricultores e impacto medioambiental.

En dicho estudio se recomendó la mejora del uso del riego y de la fertilización nitrogenada en base a disminuir el estrés hídrico de los cultivos, ahorrar en fertilizantes nitrogenados, minimizar el impacto ambiental sobre los ríos receptores (Riguel, Arba y finalmente el Ebro) y conservar agua regulada de buena calidad en su cota de origen (embalse de Yesa).

Sobre estas medidas generales y ante la imposibilidad a corto plazo de una transformación generalizada a riego presurizado (que a través del fertirriego también favorecería la fertilización nitrogenada) se establecieron pautas para mejorar la actual gestión del riego por inundación (estableciendo tarifas en función del consumo de agua y cambiando de sistema de riego a turnos a riego a la demanda) promocionando en la medida de lo posible el ajuste de dosis y mayor fraccionamiento de las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, y animando a probar la fertilización con abonos de liberación lenta o inhibidores de la nitrificación. Además dado el elevado volumen y contenido en nitrato de las aguas de drenaje se aconsejó su reutilización para el riego con la consecuente disminución de las dosis de abonos a aplicar y su contribución al aumento de la eficiencia global de la comunidad.

La Comunidad nº V de Bardenas puso en marcha estas medidas y un nuevo seguimiento de una de las cuencas estudiadas en 2001 esta permitiendo evaluar su eficacia además de analizar la influencia de la disponibilidad de agua para el riego sobre el impacto agro-ambiental del regadío (Causapé y Clavería, 2006). Así, los resultados comparativos de la cuenca del desagüe D-XIX-6 (95 ha) en 2005 (211 mm de lluvia) frente a 2001 (526 mm de lluvia) indicaron que en 2005 los agricultores ajustaron mejor las dosis de cada riego disminuyendo la fracción de drenaje (porcentaje de agua “perdida” en el desagüe) del mismo (31 frente a 50%). En 2005, las aguas de drenaje presentaron menor concentración de nitrato (74 frente a 96 mg/l) y se exportó un 65% menos de nitrato (8 frente a 23 t de N-NO₃⁻) como consecuencia de la mayor eficiencia en el uso de agua (79% frente a 56%), menores dosis de nitrógeno aplicado (127 frente a 234 kg N/ha) y mayor eficiencia en su aplicación (72 frente a 62%).

A tenor de los datos obtenidos (*Tabla 1*) parece que las medidas impuestas por la Comunidad de Regantes nº V de Bardenas han dado buenos resultados si bien la diferente pluviometría de ambos años ha podido enmascarar los efectos de los cambios en la gestión del riego por lo cual el estudio del desagüe D-XIX-6 se esta prolongando con nuevos años de seguimiento.

Tabla 1. Drenaje (D), Eficiencia en el Uso de Agua (EUA= ET/Riego), Necesidades de fertilización nitrogenada (NF), Nitrógeno aplicado en la fertilización (NA), Eficiencia en la aplicación de nitrógeno (EN=NF/NA), concentración de nitrato del agua del drenaje ([NO₃⁻]) y masa de nitrógeno exportada en el drenaje (N) durante los dos años hidrológicos de estudio (2001 y 2005) en el desagüe D XIX-6 (Bardenas I)

AÑO	D Dm ³	EUA %	NF kg N/ha	NA kg N/ha	EN %	[NO ₃ ⁻] mg/l	N t
2001	1070	56	145	234	62	96	23
2005	484	79	91	127	72	74	8

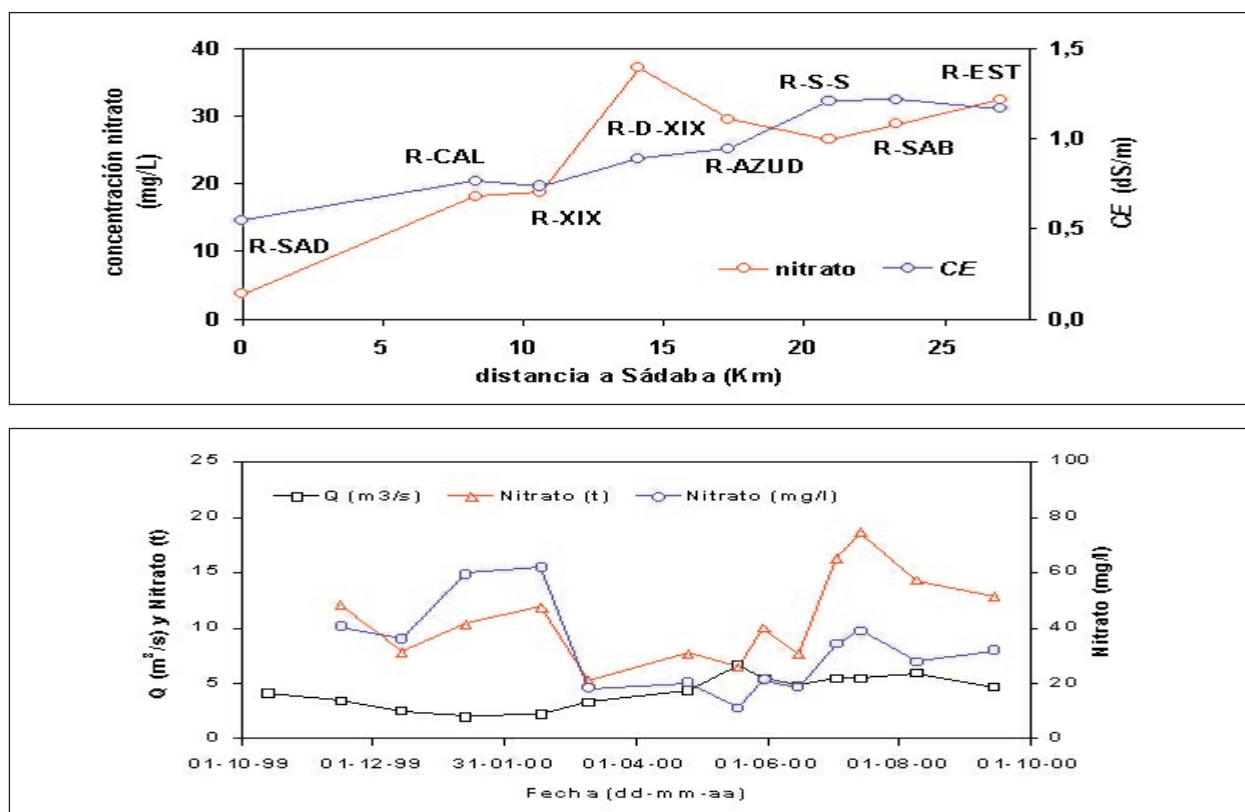
Así pues, el seguimiento de cuencas hidrológicas es una metodología que no solo permite cuantificar y diagnosticar la problemática agro-ambiental de regadíos sino que también permite proponer medidas correctoras y evaluarlas una vez puestas en marcha mediante nuevos seguimientos de la cuenca. Además, la cantidad de datos que se genera en este tipo de estudios permite calibrar y validar modelos hidrológicos y de cultivos de forma que se pueden simular escenarios alternativos en la gestión del regadío y manejo de los cultivos seleccionando a priori las mejores opciones.

5. Influencia de los retornos de riego sobre sistemas receptores

La recepción de los retornos de riego por los ecosistemas acuáticos (ríos, acuíferos y humedales) altera la dinámica y calidad de sus aguas con las consecuencias que ello pueda suponer. La figura 2 ilustra como la recepción de flujos de drenaje por el río Riguel (Bardenas) provoca un incremento de la conductividad eléctrica y concentración de nitrato de sus aguas conforme el río se introduce en la zona regable (aumenta la distancia a Sádaba).

El seguimiento del Riguel también refleja un comportamiento típico de cauces altamente influenciados por la recepción de retornos de riego de zonas con bajas eficiencias de riego regadas con agua de buena calidad (situación típica de regadíos por inundación sobre suelos muy permeables regados con aguas pirenaicas). En invierno, con caudales bajos, se presentan las mayores concentraciones de nitrato que disminuyen sensiblemente en verano por la recepción de retornos del riego con agua de buena calidad aumentando el caudal y con ello también la masa de nitrato exportada. Paradójicamente la ineficiencia del riego con aguas de buena calidad provoca una dilución del drenaje que habitualmente lleva a engaño pues aunque disminuye la concentración, aumenta la masa de nitrato exportada, que finalmente será la que contamine (eleve la concentración) al ecosistema acuático que deseemos proteger.

Figura 2. Evolución espacial de la conductividad eléctrica (CE, dS/m) y concentración en nitrato (mg/l) de las aguas del río Riguel. Evolución temporal del caudal (Q, m³/s), concentración de nitrato (mg/l) y masa de nitrato (t) del río Riguel en el año hidrológico 2000



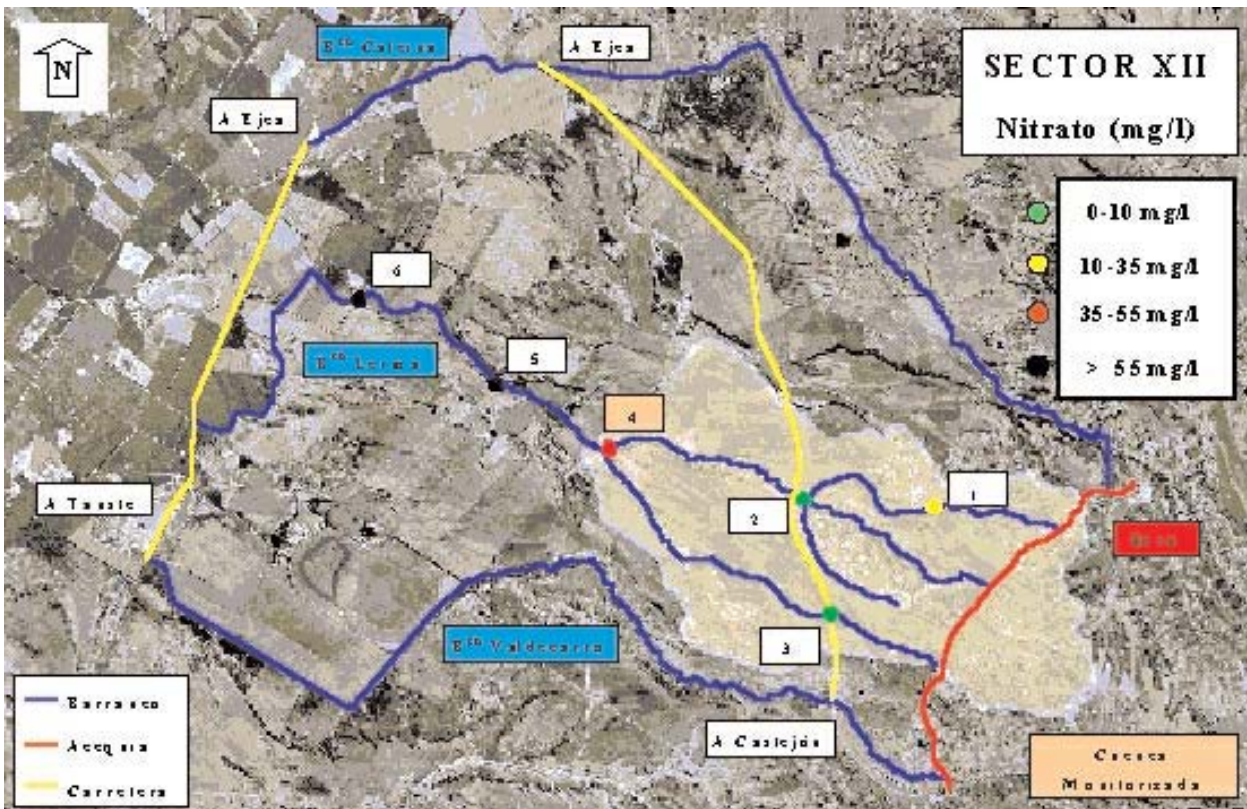
6. Vigilancia agro-ambiental de regadíos

Hasta la fecha, la implantación de nuevos regadíos se está realizando sin el desarrollo de rigurosos estudios que permitan identificar problemas agro-ambientales en tiempo real y poner en marcha las consiguientes medidas correctoras. Realmente, todavía no está bien cuantificado el verdadero impacto potencial de un nuevo regadío ya que no se ha realizado el seguimiento continuado del antes, durante y después de una transformación en riego.

En 2003, el trazado del plan de vigilancia de los niveles de nitrato en los cauces naturales del Sector XII de Bardenas II (Causapé, 2006) supuso el inicio de un ambicioso proyecto piloto en el cual se vigila la evolución de la cantidad y calidad de las aguas de drenaje del nuevo regadío, la salinidad de sus suelos y se evalúa la eficacia depuradora de humedales artificiales integrados en el paisaje como medida correctora una vez que el adecuado manejo agronómico haya disminuido al máximo la contaminación por nitratos (*Fig. 3*).

Hasta el momento en condiciones de secano ya se han detectado concentraciones de nitrato significativas (33 mg/l) si bien la masa de nitrato exportada (3 kg N-NO₃ / ha) es muy inferior a las detectadas en otros regadíos por aspersión consolidados (del orden de 5 veces superior). En 2007 se regará la totalidad de este nuevo sector y podrán establecerse comparaciones entre el antes y después de la transformación, diagnosticar la problemática agro-ambiental de su puesta en riego y establecer medidas correctoras en tiempo real para constituir un regadío eficiente y respetuoso con el medioambiente. Lamentablemente, nadie asume la competencia en el desarrollo de este tipo de estudios que de momento se realizan financiados por proyectos de investigación.

Figura 3. Concentración de nitrato media ([NO₃], mg/l) de 30 muestreos (abr-03/mar-05) en seis puntos de control del barranco de Lerma (Sector XII Bardenas II). Cuenca monitorizada



7. Redes de Control Agro-ambiental

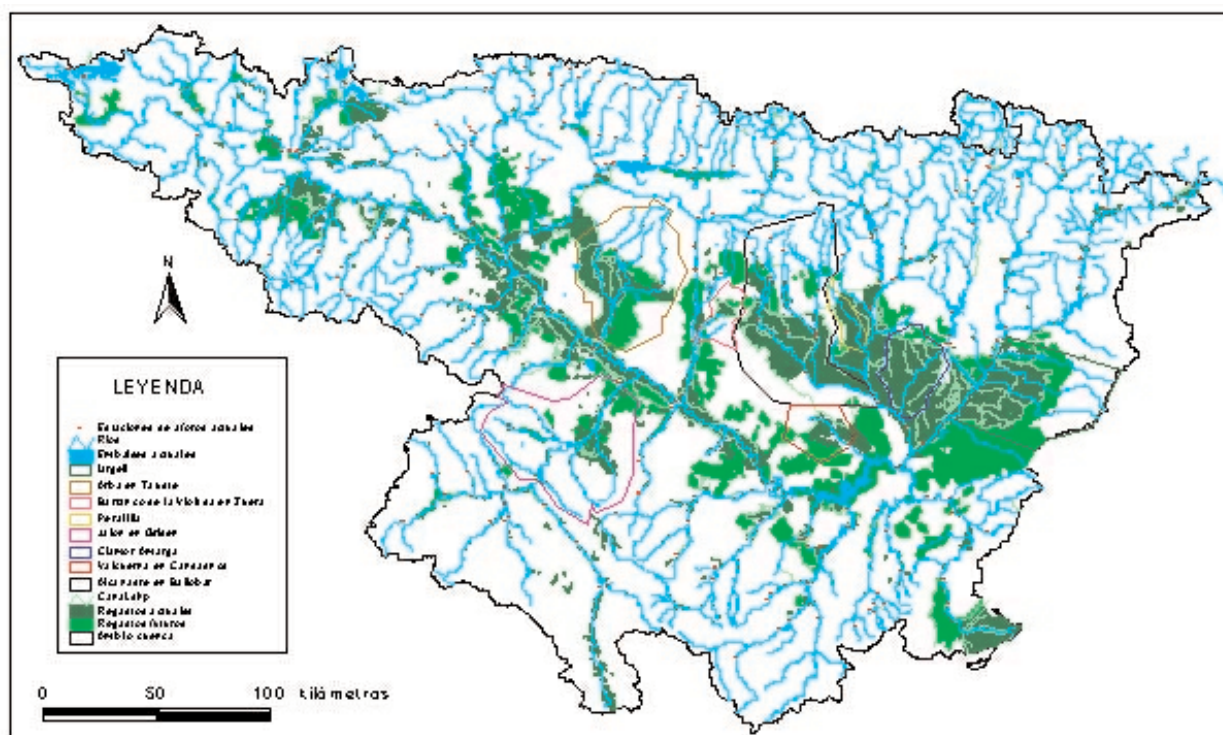
La ausencia de información fiable, continua y basada en una metodología común de los regadíos del Ebro fue lo que esta propiciando la puesta en marcha de una **Red de Control de los Regadíos del Ebro (ReCoR-Ebro)**. Esta Red se basa en el seguimiento de las grandes cuencas hidrológicas de regadío de tal forma que con un número mínimo de puntos de control localizados en estaciones de aforos de Confederación Hidrográfica del Ebro se controle el drenaje de la máxima superficie del regadío del Ebro (Causapé et al., 2006).

En 2004 se decidió abordar la experiencia piloto de ReCoR-Ebro mediante el seguimiento de la zona regable de Bardenas incluida en la cuenca del Arba. Los primeros resultados de las 55.240 ha de regadío de Bardenas englobadas dentro de la cuenca del río Arba pusieron de manifiesto una elevada eficiencia del riego (anual del 83% que llega a ser de hasta el 90% en plena campaña de riego). Estos resultados, obtenidos gracias a la intensa reutilización del agua de los drenajes que se hace en Bardenas, mejoran sustancialmente los obtenidos en estudios realizados a escala de parcela o pequeña cuenca hidrológica en el propio sistema de Bardenas y los sitúan casi al mismo nivel de modernos regadíos presurizados, indicando que hay un elevado aprovechamiento del agua de riego.

No obstante, el hecho de que la eficiencia de riego a escala global en Bardenas pueda ser considerada alta no implica un adecuado manejo del riego a nivel de parcela y los problemas agronómicos que ello conlleva. De hecho, el conjunto de Bardenas presenta una masa de nitratos exportada de 41 kg N-NO₃/ha regada que se corresponde con un 39% de las necesidades medias de fertilización nitrogenada de la zona.

Actualmente, **ReCoR-Ebro** continúa con el seguimiento de Bardenas y se está ampliando al polígono de Riegos del Alto Aragón (**Fig. 4**). Además el adecuado reparto de responsabilidades ha propiciado que los Regadíos de Bardenas estén poniendo en marcha su propia red interna dividiendo el territorio que gestiona en seis subcuencas que serán evaluadas independientemente.

Figura 4. Regadíos de la cuenca del Ebro y propuesta de expansión de ReCoR-Ebro



8. Índice de Contaminación por Nitratos

Decidir si un regadío contamina excesivamente no es una tarea fácil. En cualquier caso el sector agrario debería ser tratado igual que otras actividades. Por ejemplo, en un taller mecánico los contaminantes deben ensuciar lo mínimo posible la calle pero es inevitable que haya algo de grasa en el interior del taller y por tanto se le permite un cierto grado de contaminación “interna” y un mínimo de contaminación “externa” ya que cualquier actividad contamina y evitarlo en su totalidad implicaría el cese de dicha actividad.

Una de las claves para compatibilizar la agricultura de regadío con la sostenibilidad medioambiental se basa en la correcta ordenación del territorio definiendo claramente que áreas son “internas” y por tanto consideradas parte del sistema agrario donde se asuma un cierto grado de contaminación, y que áreas se deben considerar como “externas” y por tanto donde se exija un impacto ambiental mínimo. Continuando con el ejemplo de Bardenas, parece lógico pensar que los desagües y colectores se consideren como parte interna del sistema de regadío y se permita ciertos niveles de contaminación agraria, mientras que el río Ebro sería el ecosistema donde obligatoriamente el impacto ambiental debe ser mínimo.

Ya se ha comentado anteriormente que la legislación vigente se basa en niveles de concentración de nitratos cuando realmente es la masa de nitrato exportada en el drenaje la que genera problemas de contaminación (aumento de concentración) en los sistemas receptores que se desee proteger. No obstante, ¿Cuánta masa de nitrato se debe permitir que exporte un determinado regadío?

A menudo se escucha en los medios de comunicación que un determinado regadío contamina más o menos que otro, sin que se especifique la escala a la cual se está refiriendo (parcela, pequeña cuenca, polígono de riego, etc...). También se suele comparar la contaminación inducida por los distintos regadíos sin tener en cuenta los factores particulares (geológicos, climáticos y agronómicos) que caracterizan y condicionan a cada uno de ellos y si estos factores pueden o no ser controlados por el hombre. Por ejemplo, un agricultor puede decidir el tipo de abono que aplica a su maíz pero no puede decidir si llueve mañana. Entre ambos extremos existen multitud de casos intermedios que en mayor o menor grado pueden ser controlados por el hombre (agricultor, comunidad de regantes, administración pública...) y que dificultan la definición “justa” de un índice que permita evaluar a todos los regadíos por el mismo rasero.

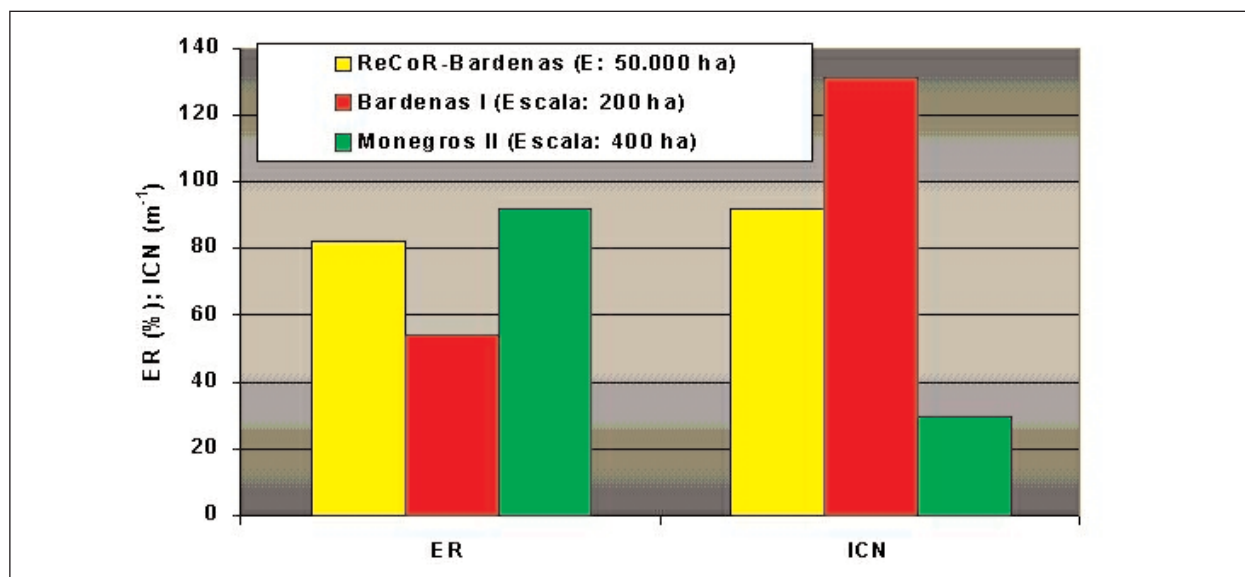
En este sentido, en los últimos años se está trabajando en la definición de un Índice de Contaminación por Nitratos que tenga en cuenta estos factores. El seguimiento de cuencas hidrológicas de regadío puede aportar los datos necesarios para su definición y actualmente se está estudiando una propuesta basada en la corrección de la masa unitaria de nitrato exportada por la pluviometría de la zona y las necesidades de fertilización nitrogenada de los cultivos implantados de forma que es más permisivo para zonas o años más lluviosos y con cultivos de mayores necesidades de fertilización.

El Índice de Contaminación por Nitratos (ICN; m^{-1}) que se está estudiando actualmente se calcula como la masa de nitrato exportada (N; kg $N-NO_3$ /ha regada) dividida por la precipitación (P; m) y por las necesidades de fertilización de cada regadío (NF; kg N/ha regada).

$$ICN = \frac{N}{P NF}$$

Este índice ha sido calculado con datos de regadíos donde se ha realizado un seguimiento de cuencas hidrológicas. La **figura 5** presenta la Eficiencia de Riego y el Índice de Contaminación por Nitratos de una cuenca en los modernos regadíos de Monegros II (Cavero et al. 2003), de las pequeñas cuencas estudiadas en Bardenas I (Causapé, 2003) y de la experiencia piloto de ReCoR-Bardenas en las 55.240 ha regadas de la cuenca del Arba (Causapé et al., 2005).

Figura 5. Eficiencia de riego (ER) e Índice de Contaminación por Nitratos (ICN) en los regadíos de Bardenas incluidos dentro de la cuenca del río Arba (ReCoR-Bardenas), la media de tres pequeñas cuencas estudiadas en Bardenas I y de otra pequeña cuenca en los modernos regadíos de Monegros II



Del gráfico se deduce que la eficiencia de riego en el conjunto de Bardenas esta por encima de los resultados obtenidos a escala de pequeñas cuencas como efecto de la intensa reutilización del agua de drenaje, lo que sitúa el aprovechamiento del agua casi al mismo nivel de los modernos regadíos de Monegros II. En cuanto a la contaminación por nitratos el menor índice corresponde al regadío de Monegros II donde las dosis de riego y fertilizantes pueden ser mejor ajustadas y fraccionadas mediante el manejo del fertirriego por aspersión. La reutilización del agua de drenaje y con ello del nitrato que lleva disuelto también disminuyen la contaminación de nitratos del conjunto de Bardenas, no obstante, los bajos niveles de eficiencia de riego y aplicación de fertilizantes en parcela imposibilitan que se alcancen índices de contaminación por nitratos tan bajos como los obtenidos en Monegros II.

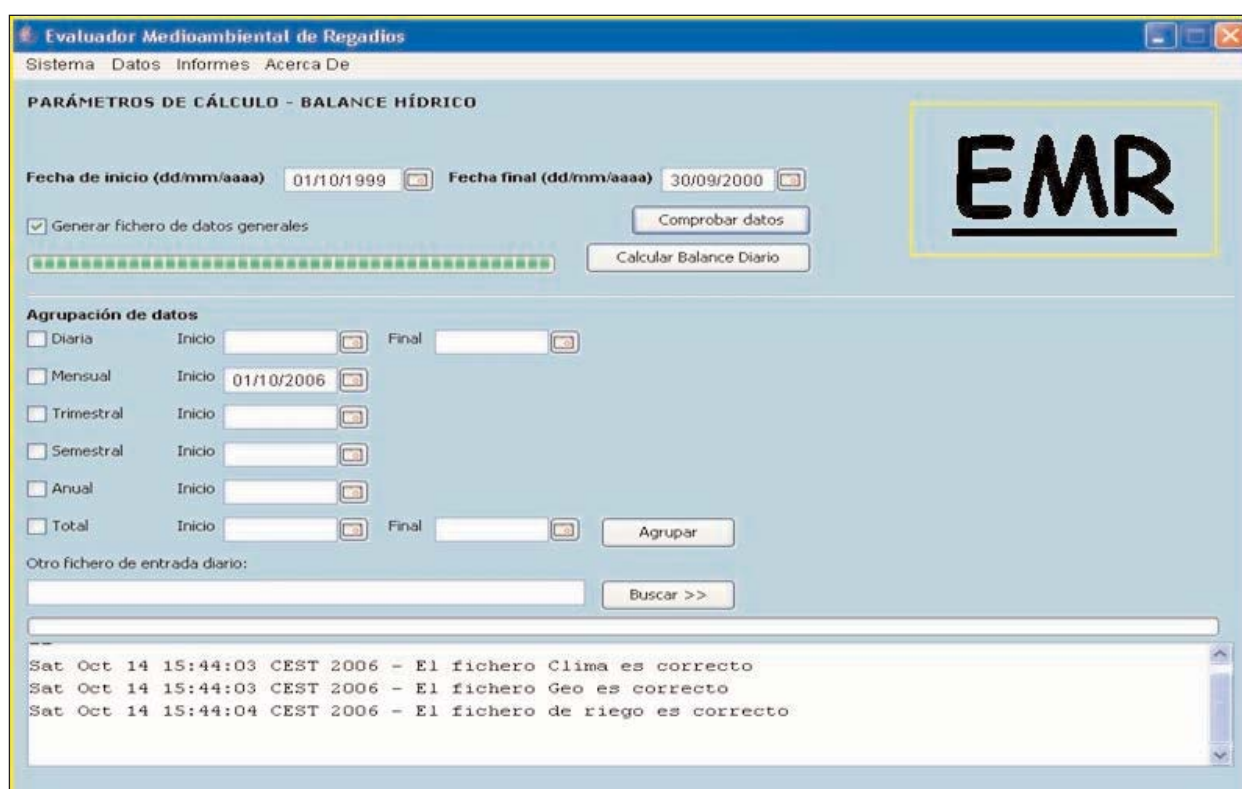
9. Evaluador Medioambiental de Regadíos (EMR)

El seguimiento de cuencas hidrológicas se ha constatado como una herramienta eficaz para diagnosticar la problemática agro-ambiental de un regadío y buscar alternativas que conduzcan hacia regadíos más eficientes y respetuosos con el medioambiente. No obstante, se es consciente de que los conocimientos técnicos y complejidad de cálculos impide que las propias comunidades de regantes y otros organismos gestores del agua ejecuten por si mismos este tipo de estudios.

Para solventar esta deficiencia, se está implementando una aplicación informática (*Fig. 6*) que a partir de datos de entrada en sencillos archivos Excel, automatiza los cálculos para la realización de balances hidrosalinos, cuantifica los contaminantes agrarios exportados en el drenaje y calcula índices de aprovechamiento del agua y de contaminación agro-ambiental.

Ficheros Excel con información geográfica, climática, agronómica, riego, flujos hídricos entrantes, salientes y de almacenamiento de agua en el sistema constituyen la base para que EMR calcule el balance hídrico diario y sus agrupaciones por días, meses, trimestres, semestres, años y periodos concretos definidos por el usuario para el conjunto del sistema evaluado. Para cada uno de estos periodos EMR calcula la bondad del balance, el drenaje propio del sistema y el índice de aprovechamiento del agua.

Fig. 6. Ventana de la Aplicación Informática EMR (Evaluador Medioambiental de Regadíos)



EMR también efectúa el balance diario de agua en el suelo de cada zona que compone el sistema a evaluar. El concepto "zona" puede ser aplicado en EMR a distinta escala ya que se puede corresponder con una parcela, un turno de riego, una comunidad de regantes..., en definitiva, cualquier espacio físico del que dispongamos datos de cultivos y consumos de riego.

A partir del balance diario de agua en el suelo, EMR calcula cinco índices (necesidades hídricas netas, eficiencia en el uso consuntivo de agua, déficit hídrico, eficiencia de riego, fracción de drenaje del riego) que evalúan la calidad del riego para cada zona y para el conjunto del sistema con una frecuencia diaria, mensual, trimestral, semestral, anual y en periodos concretos definidos por el usuario.

Finalmente, EMR efectúa el balance de contaminantes diario (Sales, NO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$, Cl, Ca^{2+} , Mg_2^+ , Na^+ , y K^+) y sus correspondientes agrupaciones temporales. Para cada contaminante seleccionado EMR calcula la masa unitaria (kg/ha) exportada en el drenaje y en el caso del NO_3^- el índice de aprovechamiento del nitrógeno en el sistema.

La primera versión del Evaluador Medioambiental de Regadíos (EMR 1.0) esta disponible en <http://acebo.pntic.mec.es/jcav0026/investigacion/EMR.htm>

10. Conclusiones

La sociedad está ejerciendo cada vez una mayor presión hacia el regadío para que minimice la problemática medioambiental que en relación al uso del agua y fertilizantes nitrogenados pueda generar. El interés que el sector agrario muestre hacia dicha problemática no debe estar condicionado únicamente por la presión social sino principalmente por los beneficios que supondría para su explotación el manejo adecuado de la fertilización nitrogenada en combinación con el uso apropiado del riego.

La recepción de los retornos de riego por los ecosistemas acuáticos (ríos, acuíferos y humedales) altera la dinámica y calidad de sus aguas con las consecuencias que ello pueda suponer. Hasta la fecha, la implantación de nuevos regadíos y la gestión de los regadíos ya consolidados se están realizando sin estudios que permitan identificar problemas agro-ambientales en tiempo real y poner en marcha las consiguientes medidas correctoras.

El carácter difuso de la contaminación agraria dificulta su cuantificación y asignación a un determinado territorio. Mediante el seguimiento de cuencas hidrológicas se obtienen datos de la cantidad de agua y nitrato exportados a través del drenaje que son asignados a un territorio concreto. Estos datos pueden ser analizados en función de las características climáticas, geológicas y agronómicas de la cuenca estudiada estableciéndose diagnósticos que cuantifican y explican la problemática agro-ambiental. Además, el seguimiento de cuencas hidrológicas es una metodología que no solo permite cuantificar y diagnosticar la problemática agro-ambiental de regadíos sino que también permite proponer medidas correctoras y evaluarlas una vez puestas en marcha mediante nuevos seguimientos de la cuenca.

La ausencia de información fiable, continua y basada en una metodología común de los regadíos del Ebro esta propiciando la puesta en marcha de una Red de Control de los Regadíos del Ebro (ReCoR-Ebro). Dicha red aportará datos suficientes para evaluar el aprovechamiento del agua de riego y la contaminación por nitratos en los regadíos del Ebro a partir de índices que tengan en cuenta la climatología, geología y agronomía característica de cada regadío.

La aplicación informática EMR (Evaluador Medioambiental de Regadíos) es una herramienta a disposición (<http://acebo.pntic.mec.es/jcav0026/investigacion/EMR.htm>) de técnicos gestores del agua (Comunidades de Regantes, Confederaciones Hidrográficas...) interesados en el desarrollo de estudios agroambientales basados en el seguimiento de cuencas hidrográficas de regadío.

Referencias

- Boletín Oficial de Aragón, 1997. Zonas vulnerables y código de buenas prácticas agrarias de Aragón. (BOA del 11 de junio de 1997).
- Boletín Oficial de Aragón, 2001. Programas de actuación de obligado cumplimiento en zonas vulnerables de Aragón. (BOA del 3 de enero de 2001).
- Causapé, J. 2003. Repercusiones medioambientales de la agricultura sobre los recursos hídricos de la comunidad de regantes nº V de Bardenas (Zaragoza). Eds. Fundación Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. Universidad de Alicante. <http://www.cervantesvirtual.com>. 153 pp.
- Causapé J. Isidoro D. 2005. El control de los retornos de las actividades agrarias de la cuenca del Ebro. Evaluación de las tendencias de la calidad del agua, control experimental de los retornos y propuesta de red de control. <http://oph.chebro.es/ContenidoAgronomico.htm> 206 pp.
- Causapé J., Clavería I. 2006. Influencia del régimen de lluvias sobre el impacto agro-ambiental del regadío. Un caso en Bardenas (Zaragoza). Información Técnica y Económica Agraria. ITEA. 102 (4): 386-397.
- Causapé, J. 2006. La transformación en riego del Sector XII de Bardenas II. ¿Cómo afectará a la calidad del agua?. Surcos de Aragón. Revista Técnica del Departamento de Agricultura del Gobierno de Aragón. 97: 34-37.
- Causapé, J., García Vera, M. A., Aragüés, R. 2006. ReCoR-Ebro: Una Herramienta para el Control de la Calidad Ambiental de los Regadíos del Ebro. Surcos de Aragón. 99: 26-30.
- Cavero, J., Beltrán, A., Aragüés, R., 2003. Nitrate exported in the drainage water of two sprinkler irrigated watershed. Journal Environmental Quality 32:916-926.
- European Union. 1991. Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Official Journal L 375, 31/12/1991: 1-8.
- European Union. 1998. Council Directive 98/83/CE of 3 November 1998 imposed to the surface waters devoted to the production of water for human consumption. Official Journal L 330, 5/12/1998. 32-54.
- European Union. 2000. Directive 2000/60 of the European Parliament and of the Council establishing a framework for community action in the field of water pollution. Official Journal L327, 22/12/2000. 1-72.
- European Union, 2006. Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre de 2006 relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. Diario Oficial de la Unión Europea L372/19, 27/12/2006.



Estación para el control del caudal y calidad de aguas en un desagüe agrícola

Información elaborada por:

Jesús Causapé Valenzuela
jcausape@aragon.es

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón .

Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación, mencionando su origen:
Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón.

Para más información, puede consultar al CENTRO DE TRANSFERENCIA AGROALIMENTARIA:
Apartado de Correos 617 • 50080 Zaragoza • Teléfono 976 71 63 37 - 976 71 63 24

Correo electrónico: *cta.sia@aragon.es*



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural. FEADER

■ **Edita:** Diputación General de Aragón. Dirección General de Desarrollo Rural.
Servicio de Programas Rurales. ■ **Composición:** Centro de Transferencia Agroalimentaria.
■ **Imprime:** Los Sitios, talleres gráficos. ■ **Depósito Legal:** Z-3094/96. ■ **I.S.S.N.:** 1137/1730.



**GOBIERNO
DE ARAGON**
Departamento de Agricultura
y Alimentación